

DISEÑO DE UNA ANTENA PLANA PARA COMUNICACIONES MÓVILES AERONAÚTICAS

M. Sierra Pérez; A.I. Pérez Pérez; M. Sierra Castañer
Grupo de Radiación. Dpto. SSR. E.T.S.I. Telecomunicación. UPM
Ciudad Universitaria. 28040 Madrid. Tlf-fax: 91-5432002
E-mail: manolo@gr.ssr.upm.es

ABSTRACT

We present a summary of the design of an active array for aeronautical mobile communications. This design is based in the requirements of Inmarsat Aeronautical System Definition Manual. The radiant element is a microstrip square patch with a perturbation segment technique. The excitation is made by a group of microstrip phase shifters controlled by PIN diodes and the power dividers are Wilkinson ones. The antenna is composed of two arrays, separated 100°, with 39 elements in a circular grid

1. INTRODUCCIÓN

En este informe presentamos el diseño de una array activo para su uso en comunicaciones móviles aeronáuticas. Es una continuación del expuesto en URSI-94 (Las Palmas de Gran Canaria) en "Array Activo para Comunicaciones Móviles Aeronáuticas" [1], en el cual se cambia principalmente el elemento radiante.

2. ESPECIFICACIONES DE LA ANTENA

Las especificaciones impuestas a esta antena son las que se encuentran en el "Manual de definición del sistema aeronáutico INMARSAT, módulo 2".[2] Debido a las especificaciones de ganancia y cobertura, la antena debe ser activa permitiendo la orientación del haz hacia el satélite. Las especificaciones más importantes son las siguientes:

-**Frecuencia:** Las bandas de recepción y transmisión son respectivamente de 1530 a 1559 Mhz y de 1626.5 a 1660.5 Mhz.

-**Cobertura:** Las especificaciones deben cumplirse en el 75% de la zona comprendida entre 5° y 90° de elevación para todas las direcciones de azimut.

-**Polarización:** La polarización debe ser circular a derechas con una relación axial menor de 6 dB en todo el margen de cobertura.

-**Ganancia:** El valor de G/T debe ser superior a -13 dB/K y EIRP, en la máxima potencia de transmisión mayor de 25.5 dBW. Además el valor de EIRP no debe exceder en más de 5 dB en ninguna dirección al que se obtiene en la dirección del satélite, y el de cualquier portadora debe mantenerse dentro del margen de ± 1 dB. Con estos valores se estima la ganancia necesaria en 12 dB y la potencia máxima del transmisor en 22.4 W.

-**Discriminación de direcciones:** Para todos los ángulos de apuntamiento se deben discriminar direcciones separadas 45° con un nivel de 13 dB.

-**Movimiento del haz:** Los cambios del haz no deben introducir discontinuidades de fase superiores a 8° pico a pico.

3. PLANTEAMIENTO GENERAL DE LA ANTENA

Debido a las especificaciones eléctricas y a su uso en aplicaciones aeronáuticas, es necesaria una antena de bajo perfil aerodinámico. Por este motivo, la antena que mejor se adapta es un array de elementos impresos en el cual el haz se controla mediante desfasadores activos a diodos PIN. La antena debe servir tanto para la banda de transmisión como para la de recepción. La polarización debe ser circular en el eje y para el resto de los ángulos la relación axial se puede estimar a partir de:

$$AR(dB) = 20 \log \frac{1}{\cos \theta}$$

En toda la zona de cobertura la relación axial debe ser menor de 6 dB y se obtiene en $\theta = 60^\circ$. La directividad máxima que se puede obtener depende de las dimensiones de la antena y de la inclinación del haz de la siguiente forma:

$$D = \eta \cdot 4\pi \cdot \frac{A}{\lambda^2} \cdot \cos \theta$$

Teniendo en cuenta dicha expresión y fijando un valor mínimo de directividad de 15 dB, se obtienen unas dimensiones mínimas para la antena de $A = 0.22 \text{ m}^2$. Para cubrir todo el margen de cobertura es necesario utilizar dos antenas iguales situadas a ambos lados del avión. Situando estas antenas con una separación de 100° , obtenemos un margen de cobertura del 77%.

4. ESTRUCTURA DEL ARRAY

Para intentar disminuir el nivel de lóbulos secundarios se ha utilizado un array circular. La separación entre elementos dentro de cada circunferencia, así como la separación entre circunferencias, es de $\lambda/2$ que equivale a 93.75 mm, de aquí se deduce una de las condiciones impuestas al elemento radiante: las dimensiones deben ser menores de $\lambda/2$. Para conseguir el área mínima calculado anteriormente el radio del array debe ser de 0.3 m, lo que da lugar a un array formado por tres circunferencias con un total de 39 elementos distribuidos de la forma indicada en la figura 1.

Este array se ilumina con una amplitud uniforme y una fase progresiva que se digitaliza mediante desfasadores de 3 bits. Se ha probado también una iluminación parabólica sobre pedestal pero no se han obtenido mejoras apreciables. Para intentar reducir los errores en apuntamiento, se introduce una fase inicial aleatoria. El factor de array obtenido en la dirección $\phi = 60^\circ$ y $\theta = 60^\circ$ está representado en la figura 2.



Fig 1. Retícula Circular

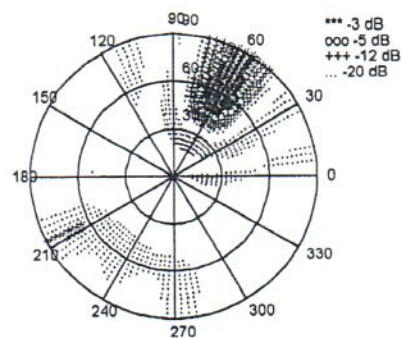


Fig 2. Diagrama de radiación

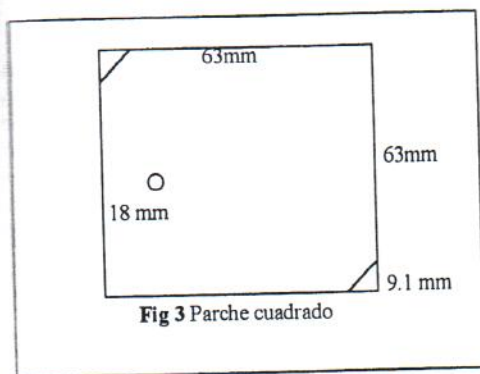
5. ELEMENTO RADIANTE

Las características que debe cumplir el elemento radiante vienen impuestas por las características del sistema y por la estructura donde debe ir la antena. Las principales especificaciones son:

- Ancho de banda $> 8\%$
- Ancho de haz a 5 dB mayor de 120°
- Polarización circular a derechas con una relación axial menor de 6 dB.
- Bajo perfil (altura menor de 15 mm).
- Tamaño máximo inferior a $\lambda/2$.

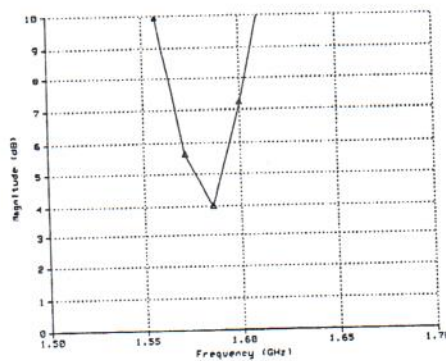
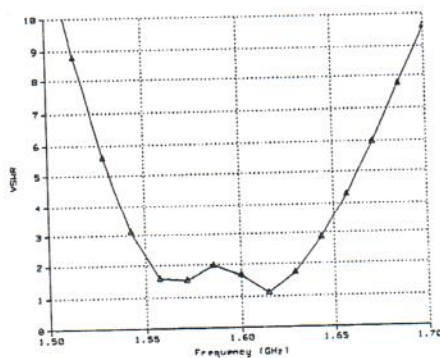
El elemento seleccionado es un parche cuadrado alimentado coaxialmente con las esquinas truncadas. De esta forma el modo generado es separado en dos modos ortogonales 1 y 2 que individualmente conducen a una polarización lineal a lo largo de las direcciones de las diagonales.

Ajustando el tamaño ΔS y seleccionando la frecuencia de funcionamiento, los dos modos 1 y 2 son excitados con la misma amplitud y una diferencia de fase de 90° . Esto da lugar a una polarización circular a pesar de haya un único punto de alimentación. Para conseguir que dicha polarización sea circular a derechas, hay que eliminar la esquina superior izquierda y la inferior derecha, tal y como se muestra en la figura.



El parche está impreso sobre sustrato cuclad ($\epsilon_r = 2.17$) y 3 mm de altura. El punto de alimentación se ajusta para conseguir adaptar el parche a una impedancia de 50Ω . La superficie de esquina eliminada debe cumplir la relación $\left| \frac{\Delta S}{S} \right| Q_0 = \frac{1}{2}$, donde Q_0 es el factor de calidad del circuito original.

En las figuras siguientes aparece representado el coeficiente de onda estacionaria, y la relación axial.



Se puede observar que la VSWR es menor que 2 en una banda bastante ancha aunque no llega a cubrir totalmente las bandas de transmisión y recepción. En cuanto a la relación axial sí es menor de 6 dB pero también en una banda algo más estrecha de la deseada. Ambos problemas se están intentando resolver.

En la figura 6 aparecen representadas las dos componentes del campo, así como el campo a derechas y a izquierdas para una frecuencia de 1.58 GHz. Se puede comprobar que la polarización que se consigue es bastante buena y es efectivamente una polarización a derechas tal y como exigen las especificaciones. Así mismo se puede comprobar que el ancho de haz es un poco menor del deseado, consiguiéndose un valor de 120° para 6 dB, en lugar de para 5 dB.

Far-Field Pattern
Freq = 1.58572 GHz, Cut-Angle = 0.000

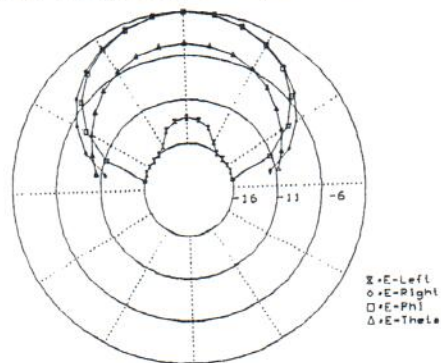


Fig 6. Componentes del campo

5. DESFASADORES

La etapa de desfasadores está formada por tres desfasadores de diodos PIN. Son desfasadores de tres bits de forma que se consigue una resolución de 45° y cuyos desfasajes son respectivamente de 180° , 90° y 45° . Las características que deben cumplir estos desfasadores son las siguientes :

- Bajas pérdidas de inserción ($< 1\text{ dB}$)
- Bajas pérdidas de retorno ($< 16\text{ dB}$)
- Error de fase respecto a la frecuencia central $< 5^\circ$

6. REFERENCIAS

- [1] M. Sierra, J.G. Cuevas, M. Sierra . *Diseño y Medidas de un Array Activo para Comunicaciones Móviles Aeronáuticas*. URSI-1993. Valencia
- [2] M. Sierra Pérez , M. Sierra Castañer , R. Palacio , A.I. Pérez , *Array Activo para Comunicaciones Móviles Aeronáuticas* . URSI-1994. Las Palmas de Gran Canaria.
- [3] Inmarsat Aeronautical System Definition Manual. Modules 2&6. Technical Requirements for Inmarsat Aircraft Earth Stations. Version 1.1 May 1991.
- [4] JR James, PS Hall. *Handbook of Microstrip Antennas*. IEE Electromagnetic Waves Series 28.
- [5] E. Brookner. *Practical Phased Array Antenna Systems* De. Artech House Inc 1991.